

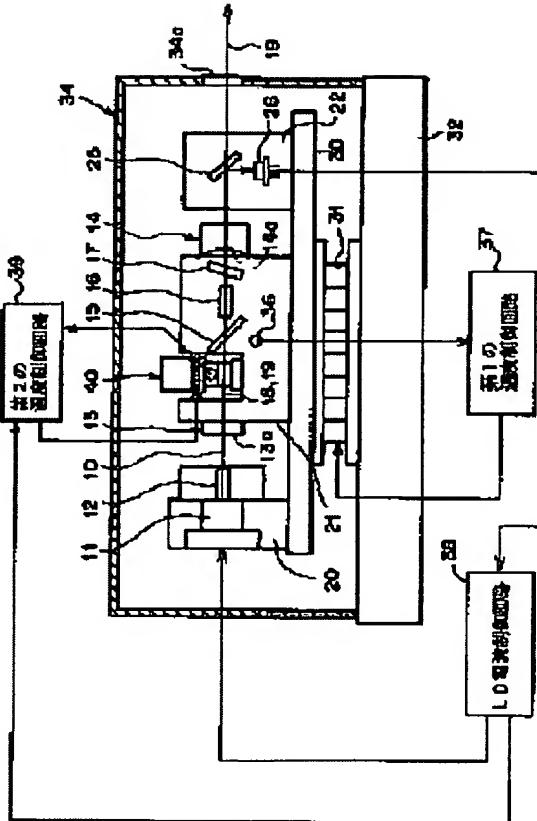
SOLID LASER DEVICE

Patent number: JP2000347235
Publication date: 2000-12-15
Inventor: GOTO CHIAKI
Applicant: FUJI PHOTO FILM CO LTD
Classification:
- international: G02F1/03; G02F1/37; H01S3/108; H01S3/136;
G02F1/01; G02F1/35; H01S3/108; H01S3/13; (IPC1-7):
G02F1/37; G02F1/03; H01S3/108; H01S3/136
- european:
Application number: JP19990161091 19990608
Priority number(s): JP19990161091 19990608

[Report a data error here](#)

Abstract of JP2000347235

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent decrease in the output due to mismatching of phases between the wavelength converted waves exiting from a nonlinear optical crystal and then reflected by a mirror to return the optical path and the wavelength converted waves exiting from the nonlinear optical crystal to the other direction in the process of wavelength conversion of oscillated beams by the nonlinear optical crystal. **SOLUTION:** In this device, two kinds of wavelength converted waves 19 exit from a nonlinear optical crystal 16 in the opposite directions to each other, and the device is equipped with a mirror (consisting of, for example, the end face 13a of a solid laser medium 13) which regularly reflects the wavelength converted waves 19 exiting in one direction. In this method, at least one optical member through which the wavelength converted waves 19 pass is disposed between the nonlinear optical crystal 16 and the mirror, and the refractive index of the optical member is changed by controlling the temp. or the like of the optical member by a phase controlling part 40.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-347235

(P2000-347235A)

(43)公開日 平成12年12月15日 (2000.12.15)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコ-ト [*] (参考)
G 02 F 1/37		G 02 F 1/37	Z 2 H 07 9
1/03	5 0 5	1/03	5 0 5 2 K 00 2
H 01 S 3/108		H 01 S 3/108	5 F 07 2
3/136		3/136	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 9 頁)

(21)出願番号	特願平11-161091	(71)出願人	000005201 富士写真フィルム株式会社 神奈川県南足柄市中沼210番地
(22)出願日	平成11年6月8日(1999.6.8)	(72)発明者	後藤 千秋 神奈川県足柄上郡関成町宮台798番地 富士写真フィルム株式会社内
		(74)代理人	100073184 弁理士 柳田 征史 (外1名)

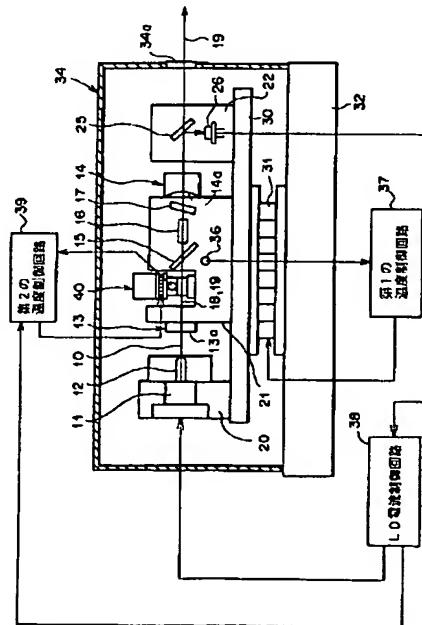
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 固体レーザ装置

(57)【要約】

【課題】 非線形光学結晶により発振ビームを波長変換する固体レーザ装置において、非線形光学結晶から一方に出射した後ミラーで反射して折り返す波長変換波と、非線形光学結晶から他方向に出射した波長変換波との間の位相ずれによる出力低下を防止する。

【解決手段】 非線形光学結晶16から互いに反対方向に出射する2通りの波長変換波19のうち、一方に出射した波長変換波19を正反射させるミラー（例えば固体レーザ媒質13の端面13aで構成される）を有する固体レーザ装置において、非線形光学結晶16と上記ミラーとの間ににおいて波長変換波19が通過する少なくとも1つの光学部品を位相制御部40により温度制御する等して、該光学部品の屈折率を変化させる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 固体レーザ媒質と、この固体レーザ媒質を励起する励起源と、共振器と、共振器中を往復する基本波としてのレーザビームの光路に配されて、該レーザビームを波長変換波する非線形光学結晶と、この非線形光学結晶から互いに反対方向に出射する 2 通りの波長変換波のうち、一方向に出射した波長変換波を正反射させるミラーとを含む固体レーザ装置において、前記非線形光学結晶と前記ミラーとの間ににおいて波長変換波が通過する少なくとも 1 つの光学部品の屈折率を制御する手段が設けられたことを特徴とする固体レーザ装置。

【請求項 2】 前記屈折率を制御する手段が、前記光学部品の温度を制御する温度制御手段からなることを特徴とする請求項 1 記載の固体レーザ装置。

【請求項 3】 前記温度制御手段が、前記固体レーザ媒質の温度を制御するものであることを特徴とする請求項 2 記載の固体レーザ装置。

【請求項 4】 前記非線形光学結晶が、周期ドメイン反転構造を有する領域と、周期ドメイン反転構造を持たない領域とを有するものであり、前記温度制御手段がこの非線形光学結晶の温度を制御するものであることを特徴とする請求項 2 記載の固体レーザ装置。

【請求項 5】 前記光学部品が電気光学効果を有する結晶であり、

前記屈折率を制御する手段が、この電気光学効果を有する結晶に電圧を印加するものであることを特徴とする請求項 1 記載の固体レーザ装置。

【請求項 6】 前記非線形光学結晶から前記一方向とは反対の方向に出射した波長変換波と、この波長変換波と重ね合わせられる前記正反射した波長変換波との間の位相差が $\pm \pi / 2$ 以内となっていることを特徴とする請求項 1 から 5 いずれか 1 項記載の固体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は波長変換機能を有する固体レーザ装置に関し、特に詳細には、非線形光学結晶から一方向に出射した後にミラーで反射して折り返す波長変換波と、非線形光学結晶から他方向に出射した波長変換波との間の位相ずれによる出力低下を防止するようにした固体レーザ装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 例えば特開昭62-189783 号に示されるように、ネオジウム (Nd) が添加された固体レーザ媒質を半導体レーザ等から発せられた光によって励起する固体レーザ装置が公知となっている。この種の固体レーザ装置は基本的に、固体レーザ媒質と、この固体レーザ媒

質を励起する励起源と、共振器とから構成されるものである。

【0003】 この固体レーザ装置においては、より短波長のレーザビームを得るために、共振器中を往復するレーザビームの光路に非線形光学結晶を配して、該レーザビームを第 2 高調波等に波長変換することも広く行われている。

【0004】 この波長変換機能を有する固体レーザ装置において、非線形光学結晶からは、図 8 中に A、B で示すように互いに反対方向に第 2 高調波等の波長変換波が射出する。なおこの図 8 において、1 が固体レーザ媒質 (レーザ結晶)、2 が非線形光学結晶、3 が共振器ミラーである。また 4 は偏光制御用のブリュースタ板、5 は単一縦モード化のためのエタロンである。

【0005】 図 8 の例の場合、波長変換波 A の出射方向が出力方向であるが、それと反対方向に出射した波長変換波 B はミラーで正反射し、波長変換波 A と重ね合わせて出力されるようになっている。なおこの場合上記ミラーは、固体レーザ媒質 1 の外側端面 1a に波長変換波 B に対する高反射コーティングを施すことによって形成されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、上述のように非線形光学結晶から互いに反対方向に出射した 2 通りの波長変換波の一方を正反射させ、他方の波長変換波と重ね合わせて出力する場合、それら両者の位相がずれて互いに弱め合うことがある。そこで、この波長変換機能を有する従来の固体レーザ装置においては、波長変換波の出力の個体差が大きく、所望の出力が得られないものも高い割合で存在していた。

【0007】 そこで本発明は、非線形光学結晶から一方向に出射した後ミラーで反射して折り返す波長変換波と、非線形光学結晶から他方向に出射した波長変換波との間の位相ずれによる出力低下を防止できる固体レーザ装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明による固体レーザ装置は、ミラーで反射する方の波長変換波が通過する光学部品の屈折率を制御することにより、該波長変換波の位相を調整可能とし、それに重ねられる波長変換波との間の位相ずれを無くし、あるいは低減できるようにしたものである。

【0009】 すなわち、より具体的に本発明による固体レーザ装置は、固体レーザ媒質と、この固体レーザ媒質を励起する励起源と、共振器と、共振器中を往復する基本波としてのレーザビームの光路に配されて、該レーザビームを波長変換波する非線形光学結晶と、この非線形光学結晶から互いに反対方向に出射する 2 通りの波長変換波のうち、一方向に出射した波長変換波を正反射させるミラーとを含む固体レーザ装置において、非線形光

学結晶と前記ミラーとの間において波長変換波が通過する少なくとも1つの光学部品の屈折率を制御する手段が設けられたことを特徴とするものである。

【0010】なお上記光学部品の屈折率を制御する手段としては、例えば該光学部品の温度を制御する手段が適用可能である。そのような温度制御手段としては、固体レーザ媒質の温度を制御するもの等を用いることができる。また非線形光学結晶が、周期ドメイン反転構造を有する領域と、周期ドメイン反転構造を持たない領域とを有するものである場合には、上記の温度制御手段として、該非線形光学結晶の温度を制御する手段を用いることも可能である。

【0011】一方、上記光学部品が電気光学効果を有する結晶である場合には、その屈折率を制御する手段として、該結晶に電圧を印加する手段を適用することもできる。

【0012】なお本発明の固体レーザ装置において、非線形光学結晶から前記一方向とは反対の方向に出射した波長変換波と、この波長変換波と重ねられる前記正反射した波長変換波との間の位相のずれは、 $\pm\pi/2$ 以内に収められるのが望ましい。

【0013】

【発明の効果】本発明の固体レーザ装置においては、ミラーによって折り返される方の波長変換波が通過する光学部品の屈折率を制御する手段が設けられているので、この屈折率を制御することにより、折り返される方の波長変換波の位相を調整することができる。

【0014】そうであれば、この屈折率を制御しない状態で前記2通りの波長変換波間の位相関係がどのようになっていても、折り返される方の波長変換波の位相を、直接出力方向に出射する波長変換波の位相と一致させ、あるいはそれと近い状態に調整することが可能となり、重ね合わせ後の波長変換波の出力を十分に高めることができる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。図1は、本発明の第1の実施形態である半導体レーザ励起固体レーザ装置の側面形状を示すものである。

【0016】この固体レーザ装置は、励起光としてのレーザビーム10を発する半導体レーザ11と、発散光であるレーザビーム10を集光する集光レンズ12と、ネオジウム(Nd)がドープされた固体レーザ媒質であるYAG結晶(Nd:YAG結晶)13と、このNd:YAG結晶13の前方側つまり半導体レーザ11と反対側に配された共振器ミラー14とを有している。

【0017】またNd:YAG結晶13と共振器ミラー14との間には、Nd:YAG結晶13側から順に、位相制御部40、ブリュースタ板15、周期ドメイン反転構造を有する非線形光学材料である、MgOがドープされたLiNbO₃結晶(以下、反転ドメインLN結晶と称する)16、光軸に対して35°傾けた石英板からなるエタロン17が配設されている。

【0018】共振器ミラー14のさらに前方側には、後述のようにして発せられる第2高調波19を一部分岐させる部分反射ミラー25が配されている。ここで分岐された第2高調波19は、フォトダイオード等の光検出器26によって検出される。

【0019】半導体レーザ11は、活性層幅が約50μmのプロードエリアレーザであり、波長808nmのレーザビーム10を発するものが用いられている。また集光レンズ12は、一例として屈折率分布形レンズ(商品名:セルフオックレンズ)からなり、レーザビーム10をNd:YAG結晶13の内部で収束するように集光する。この集光レンズ12と半導体レーザ11は、保持部材20に固定されている。以下、この保持部材20に固定されている部分を励起部と称する。

【0020】一方、Nd:YAG結晶13から共振器ミラー14までの部分は、別の保持部材21に固定されている。以下、この保持部材21に固定されている部分を共振器部と称する。

【0021】部分反射ミラー25および光検出器26は、さらに別の保持部材22に固定されている。以下、この保持部材22に固定されている部分をAPC部と称する。

【0022】以上説明した励起部、共振器部およびAPC部をそれぞれ保持した保持部材20、21および22は、板状のベースプレート30上に接着され、該ベースプレート30およびペルチェ素子31を介してパッケージベース32に固定されている。そしてパッケージベース32には出射窓34aを有するパッケージキャップ34が被着され、それら両者により、外部とは気密状態を保つ空間が形成されている。ペルチェ素子31から上の部分は、この空間内に収められている。

【0023】Nd:YAG結晶13は、入射したレーザビーム10によってネオジウムイオンが励起されることにより、波長946nmの光を発する。Nd:YAG結晶13の入射端面13aには、波長946nmの光は良好に反射される(反射率99.9%以上)一方、波長808nmの励起用レーザビーム10は良好に透過させる(透過率93%以上)コーティングが施されている。一方共振器ミラー14のミラ一面14aには、波長946nmの光は良好に反射させ(反射率99.9%以上)、下記の波長473nmの光は透過させる(透過率90%以上)コーティングが施されている。

【0024】そこで、上記波長946nmの光はそれに対する高反射面となっているNd:YAG結晶端面13aとミラ一面14aとの間に閉じ込められてレーザ発振を引き起こし、波長946nmのレーザビーム18が発生する。基本波としてのこのレーザビーム18は反転ドメインLN結晶16により、波長が1/2すなわち473nmの第2高調波19に変換され、共振器ミラー14からは主としてこの第

2高調波19が射出する。第2高調波19は、部分反射ミラー25によって一部分岐された後、射出窓34aを透過してパッケージキャップ34外に出射する。

【0025】ここでブリュースタ板15は、波長946nmのレーザビーム18に対してブリュースタ角をなす向きに配設されており、このレーザビーム18の偏光方向を制御する。またエタロン17は厚さ0.38mmに形成されたもので、レーザビーム18を単一縦モード化する。

【0026】一方、反転ドメインLN結晶16に形成された前述の周期ドメイン反転構造は、上記ブリュースタ板15によって偏光方向が規定されたレーザビーム18を温度25℃のとき効率良く第2高調波19に変換するように、ドメイン反転部の周期が約4μmとされたものである。

【0027】またNd:YAG結晶13の入射端面13aに形成されたコーティングは、波長473nmの第2高調波19は良好に反射させる（反射率95%以上）ものとされている。反転ドメインLN結晶16からは、出力方向つまり共振器ミラー14側に第2高調波19が射出するとともに、それとは反対方向つまりNd:YAG結晶13側にも第2高調波19が射出する。この後者の方向に出射した第2高調波19は、上記コーティングが施されたNd:YAG結晶端面13aで正反射して折り返し、前者の方向に出射した第2高調波19と重ね合わされて出力する。

【0028】なお本実施形態では、共振器部に取り付けられたサーミスタ36により共振器内の温度が検出され、第1の温度制御回路37によりこの検出温度が所定の温度となるようにペルチェ素子31の駆動電流が調節され、共振器内の温度が所定温度に維持される。

【0029】また半導体レーザ11は、一般にAPC(Automatic Power Control)と言われる出力一定化制御を受ける。すなわち、APC部の部分反射ミラー25によって一部分岐された第2高調波19は光検出器26によってモニターされ、この光検出器26の出力はLD電流制御回路38に入力される。LD電流制御回路38はこの出力が示すモニター光量が一定となるように半導体レーザ11の駆動電流を制御し、その結果、第2高調波19の出力が一定に保たれる。

【0030】なお第2高調波19を実用に供する上では、一般に、それと同方向に出射するレーザビーム10および基本波としてのレーザビーム18を吸収するフィルターが必要となるが、そのようなフィルターはAPC部に設置してもよい。

【0031】次に、Nd:YAG結晶端面13aで正反射して折り返す第2高調波19と、直接出力方向に出射する第2高調波19の位相を揃える点について説明する。図2は、共振器部に配された位相制御部40の構成を詳しく示すものであり、以下この図2も参照して説明する。位相制御部40は、共振器部の保持部材21に固定された石英板41と、この石英板41の上に固定された、MgOがドープされたLiNbO₃結晶（以下、MgO:LN結晶とい

う）42と、このMgO:LN結晶42の上に固定された金属ブロック43と、この金属ブロック43に取り付けられたサーミスタ44と、金属ブロック43の上に固定されたペルチェ素子45と、このペルチェ素子45の上に固定されたヒートシンク46とから構成されている。

【0032】上記MgO:LN結晶42は周期ドメイン反転構造は持たないので、長さ1mm、厚さ0.4mmに形成されている。このMgO:LN結晶42は、反転ドメインLN結晶16からNd:YAG結晶13側に出射した第2高調波19の光路に配置されている。またこのMgO:LN結晶42は、その結晶のc軸方向が、基本波であるレーザビーム18および第2高調波19の直線偏光方向と一致する向きに配設されている。

【0033】MgO:LN結晶42と保持部材21との間に配された石英板41は、熱伝導率が極めて小さいものである。そこで該MgO:LN結晶42は、金属ブロック43を介してペルチェ素子45により、共振器部の温度と独立して温度調節され得る。この温度調節は、MgO:LN結晶42とほぼ同じ温度になる金属ブロック43の温度をサーミスタ44によって検出し、第2の温度制御回路39により、この検出温度が所望値となるようにペルチェ素子45の駆動電流を調節することによってなされる。

【0034】上述のようにしてMgO:LN結晶42の温度を変化させるとその屈折率が変わるので、該結晶42を通過した後にNd:YAG結晶端面13aで正反射して折り返す第2高調波19の位相が変化する。そこでこの第2高調波19と、それに重ね合わされる第2高調波19（直接共振器ミラー14側に出射した第2高調波19）の位相を一致させて、それらが互いに強め合うようにし、最大の第2高調波出力を得ることができる。

【0035】なお、この最大の第2高調波出力が得られるようにMgO:LN結晶42の温度を制御する場合は、前述したLD電流制御回路38による第2高調波19の出力一定化制御(APC:Automatic Power Control)は外しておく。そして、それに引き続いて出力一定化制御を行なう場合には、MgO:LN結晶42の温度を、上記最大の第2高調波出力が得られたときの温度に設定すればよい。

【0036】また特に本実施形態では、上記のようにして最大の第2高調波出力を得る他に、第2の温度制御回路39がペルチェ素子45の駆動電流を掃引して、MgO:LN結晶42の温度を掃引可能となっている。このとき第2の温度制御回路39は、LD電流制御回路38から半導体レーザ11の駆動電流値を示す信号を受けて、一定の第2高調波出力に対して半導体レーザ駆動電流が最小となる温度を探査する。その後第2の温度制御回路39は、MgO:LN結晶42の温度がこの探査した温度に保たれるようペルチェ素子45の駆動電流を制御する。

【0037】このようにしても、Nd:YAG結晶端面13aで正反射して折り返す第2高調波19と、それに重ね

合わされる第2高調波19（直接共振器ミラー14側に出射した第2高調波19）とが互いに最大強め合うように、それらの位相を一致させることができる。以上の構成は、固体レーザ装置の長期間の信頼性を確保する上で特に好ましいものである。

【0038】また上述のようにする代わりに、半導体レーザ10の一定光出力に対して第2高調波出力が最大となるMgO：LN結晶42の温度を探査し、MgO：LN結晶42の温度がこの探査した温度に保たれるようにペルチエ素子45の駆動電流を制御しても、同様の効果が得られる。

【0039】なお以上説明した実施形態では、位相調整のための光学部品としてMgO：LN結晶42が用いられているが、それに限らず、基本波であるレーザビーム18および第2高調波19に対して透明な光学材料ならば、その他のガラスやLiTaO₃等あらゆるものが適用可能である。ただしこの光学部品は、温度を変化させて屈折率を変化させるので、屈折率の温度係数が大きな光学材料からなるものが特に望ましい。また、大きな位相変化を得る上では、他の条件を参照して許される範囲内でより長い光学部品を用いるのが望ましい。

【0040】さらに本実施形態では、ペルチエ素子45によってMgO：LN結晶42を温度調節しているが、その代わりにヒータを用いてもよい。また、ここではサミスタ44を用いてMgO：LN結晶42を温度調節しているが、温度調節されている共振器部に対して（つまり保持部材21に対して）MgO：LN結晶42に一定の温度差が付くように、該MgO：LN結晶42に一定の熱量を供給しても構わない。

【0041】次に図3および4を参照して、本発明の第2の実施形態について説明する。なおこれらの図において、図1中の要素と同等の要素には同番号を付し、それらについての重複した説明は省略する（以下、同様）。

【0042】図3は、本発明の第2の実施形態による半導体レーザ励起固体レーザ装置の側面形状を示すものである。この第2の実施形態においては、図1の装置で設けられていた位相制御部40が省かれ、その代わりにMgO：LN結晶51等からなる位相制御部50が設けられている。なお図3では、共振器部の温度調節および半導体レーザ11のAPC駆動に係る構成は省いてある（図4～7も同様）。

【0043】以下、図4も参照してこの位相制御部50について説明する。MgO：LN結晶51は、第1実施形態の反転ドメインLN結晶16と同様の周期ドメイン反転構造が形成された反転ドメイン領域51aを有するものであるが、さらに、この反転ドメイン領域51aよりもNd：YAG結晶13側に非反転領域51bを有する。この非反転領域51bは、上述のような周期ドメイン反転構造が形成されていない領域である。

【0044】上記MgO：LN結晶51は、石英板52を介

して共振器部の保持部材21に固定されている。またMgO：LN結晶51の上には一定量発熱するヒータ53が取り付けられている。

【0045】この第2実施形態においては、ヒータ53が一定量発熱することにより、MgO：LN結晶51と共振器部との間に、つまり保持部材21との間に一定の温度差が生じるようにしている。このようにしてMgO：LN結晶51の温度を共振器部とは独立して所望値に設定することにより、該MgO：LN結晶51の非反転領域51bの屈折率を制御することができる。

【0046】そこで、MgO：LN結晶51の反転ドメイン領域51aからNd：YAG結晶13側に出射して折り返す第2高調波19の位相を制御可能となる。そうであれば、この第2高調波19と、直接共振器ミラー14側に出射した第2高調波19の位相を一致させ、それらが互いに強め合うよう重ね合わせて、最大の第2高調波出力を得ることができる。

【0047】次に図5を参照して、本発明の第3の実施形態について説明する。図5は本発明の第3実施形態による半導体レーザ励起固体レーザ装置の側面形状を示すものである。この第3の実施形態においては、固体レーザ媒質としてNd：YVO₄結晶63が用いられ、このNd：YVO₄結晶63は、半導体レーザ11から射出された波長809nmのレーザビーム10によって励起されて波長1064nmの光を発する。Nd：YVO₄結晶63の反転ドメインLN結晶16側の端面63aおよび共振器ミラー14のミラー面14aには、波長1064nmの光を良好に反射させるコーティングが施されており、それらの面63aおよび14aの間でレーザ発振が引き起こされて波長1064nmの基本波としてのレーザビーム18が得られる。

【0048】このレーザビーム18は、反転ドメインLN結晶16によって波長が1/2すなわち532nmの第2高調波19に変換される。Nd：YVO₄結晶63の端面63aに形成されたコーティングはこの波長532nmの第2高調波19も良好に正反射させるものとされている。

【0049】そして本実施形態においては、Nd：YVO₄結晶63とブリュースタ板15との間に位相制御部60が設けられている。この位相制御部60は、電気光学効果を有するLiNbO₃の結晶（以下、LN結晶という）61と、このLN結晶61に電圧を印加する直流電源62とから構成されている。

【0050】LN結晶61は、反転ドメインLN結晶16からNd：YVO₄結晶63側に出射する第2高調波19の光路に配設されている。LN結晶61に直流電源62から電圧が印加されると、その屈折率が印加電圧に対応した量変化する。したがって、このLN結晶61への印加電圧を制御することにより該LN結晶61の屈折率を変化させて、そこを通過する第2高調波19の位相を制御可能となる。

【0051】そこで、この第2高調波19と、直接共振器

ミラー14側に出射した第2高調波19の位相を一致させ、それらを互いに強め合うように重ね合わせて、最大の第2高調波出力を得ることができる。本例では、LN結晶61の光軸方向長さを4mm、厚さを0.4mmとし、そこへの印加電圧を100Vとした場合に、上記2通りの第2高調波19の位相関係を互いに強め合うように調整することができた。

【0052】なお、電気光学効果を有する結晶としては上記LN結晶61に限らず、例えばLiTaO₃、MgOドープのLiNbO₃あるいはLiTaO₃、BaTiO₃、ZnO、ADP、KDPの結晶等、その他あらゆるもののが適用可能である。

【0053】次に図6を参照して、本発明の第4の実施形態について説明する。図6は本発明の第4実施形態による半導体レーザ励起固体レーザ装置の側面形状を示すものである。この第4の実施形態において位相制御部70は、保持部材21に固定された熱伝導率の小さい石英板71と、この石英板71上に固定されたNd:YAG結晶13と、同じく石英板71上においてNd:YAG結晶13に近接する位置に固定されたヒータ72とから構成されている。

【0054】この構成においてはヒータ72が一定量発熱することにより、Nd:YAG結晶13と保持部材21との間に一定の温度差が生じる。このようにNd:YAG結晶13の温度を共振器部とは独立して所望値に設定して、該Nd:YAG結晶13の屈折率を制御することができる。

【0055】そこで、Nd:YAG結晶13を通過後にその端面13aで正反射して折り返す第2高調波19の位相を制御可能となる。そうであれば、この第2高調波19と、直接共振器ミラー14側に出射した第2高調波19の位相を一致させ、それらを互いに強め合うように重ね合わせて、最大の第2高調波出力を得ることができる。

【0056】本例では、光軸方向の長さが1mmのNd:YAG結晶13を用い、保持部材21の温度に対してNd:YAG結晶13の温度を+25°Cに設定することにより、上記2通りの第2高調波19の位相関係を互いに強め合うように調整することができた。なお、これら2通りの第2高調波19の位相差が±π/2の場合、重ね合わせて出力される第2高調波の出力は最大出力の約70%に達する。したがって、この位相差を完全にゼロとしなくとも、±π/2以内の範囲に設定できれば、本発明の目的は十分に達成される。

【0057】なお、保持部材21とNd:YAG結晶13との温度差を余りにも大きく設定すると、熱歪みの影響で共振器の調整がずれることも有り得るので、この点も考慮してNd:YAG結晶13の温度を設定するのが望ましい。

【0058】次に図7を参照して、本発明の第5の実施形態について説明する。図7は本発明の第5実施形態に

よる半導体レーザ励起固体レーザ装置の側面形状を示すものである。この第5実施形態において位相制御部80は、励起部の保持部材20に固定されたヒータ81から構成されている。またこの場合、Nd:YAG結晶13は励起部の保持部材20に固定されている。そして保持部材20は、熱伝導率の低いBK7ガラスからなるガラス板82を介してベースプレート30上に固定され、励起部が共振器部と独立した温度に設定され得るようになっている。

【0059】この構成においてはヒータ81が一定量発熱することにより、Nd:YAG結晶13と共振器部の保持部材21との間に一定の温度差が生じる。一例として、ガラス板82が厚さ0.25mm、10mm×10mmのサイズで、ヒータ81を5Wまでの範囲で一定量発熱させた場合、共振器部の保持部材21の温度25°Cに対して、励起部の保持部材20の温度を最高50°Cまでに保つことができる。それにより、共振器部と励起部との温度差が無い場合に、前記2通りの第2高調波19の間の位相差がどのようになっていても、それらを互いに強め合うように重ね合わせて、最大の第2高調波出力を得ることができる。

【0060】以上、固体レーザ媒質としてNd:YAG結晶やNd:YVO₄結晶を用いた実施形態について説明したが、本発明における固体レーザ媒質は勿論それらに限られるものではなく、その他例えばNd:YLF結晶等も適用可能である。

【0061】また波長変換波を正反射させるミラーも、固体レーザ媒質の後端面や前端面にコーティングを施してなるものに限らず、一般に知られている波長板等のその他の光学部品の後端面あるいは前端面にコーティングを施してなるものや、さらには、それらの光学部品や固体レーザ媒質とは独立したミラーを適用することもできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態による半導体レーザ励起固体レーザ装置を示す一部破断側面図

【図2】図1の固体レーザ装置の要部を示す側面図

【図3】本発明の第2の実施形態による半導体レーザ励起固体レーザ装置を示す一部破断側面図

【図4】図3の固体レーザ装置の要部を示す側面図

【図5】本発明の第3の実施形態による半導体レーザ励起固体レーザ装置を示す一部破断側面図

【図6】本発明の第4の実施形態による半導体レーザ励起固体レーザ装置を示す一部破断側面図

【図7】本発明の第5の実施形態による半導体レーザ励起固体レーザ装置を示す一部破断側面図

【図8】従来の固体レーザ装置における問題を説明するための説明図

【符号の説明】

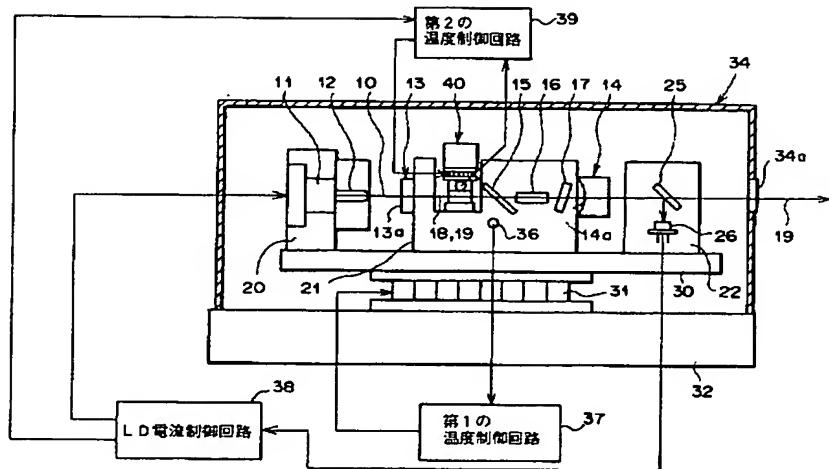
10 レーザビーム(励起光)

11 半導体レーザ

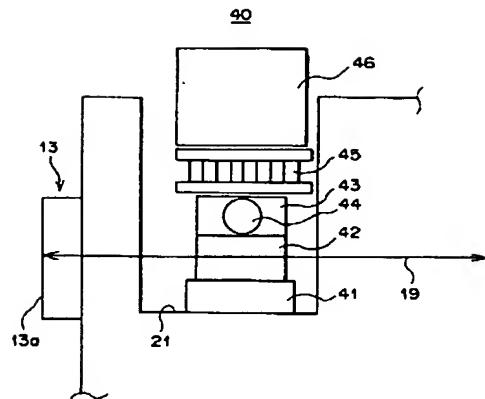
12 集光レンズ

13	Nd : YAG結晶	42	MgO : LN結晶
13a	Nd : YAG結晶の端面	43	金属ブロック
14	共振器ミラー	44	サーミスタ
14a	共振器ミラーのミラー面	45	ペルチェ素子
15	プリュースタ板	46	ヒートシンク
16	反転ドメインLN結晶	50	位相制御部
17	エタロン	51	MgO : LN結晶
18	固体レーザビーム（基本波）	51a	MgO : LN結晶の反転ドメイン領域
19	第2高調波	51b	MgO : LN結晶の非反転領域
20, 21, 22	保持部材	52	石英板
25	部分反射ミラー	53	ヒータ
26	光検出器	60	位相制御部
30	ベースプレート	61	LN結晶
31	ペルチェ素子	62	直流電源
32	パッケージベース	63	Nd : YVO ₄ 結晶
34	パッケージキャップ	70	位相制御部
36	サーミスタ	71	石英板
37	第1の温度制御回路	72	ヒータ
38	LD電流制御回路	80	位相制御部
39	第2の温度制御回路	81	ヒータ
40	位相制御部	82	ガラス板
41	石英板		

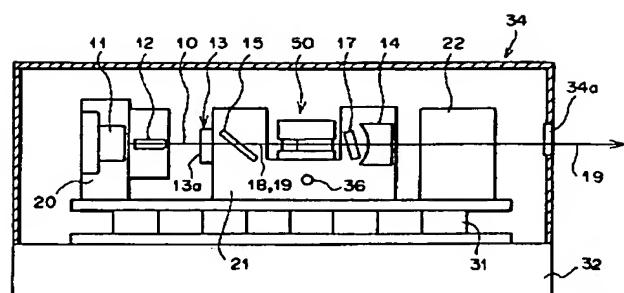
【図1】



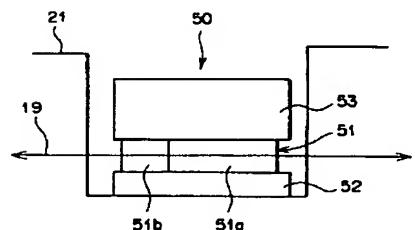
【図2】



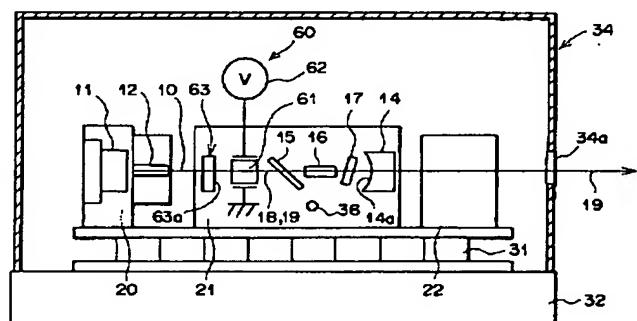
【図3】



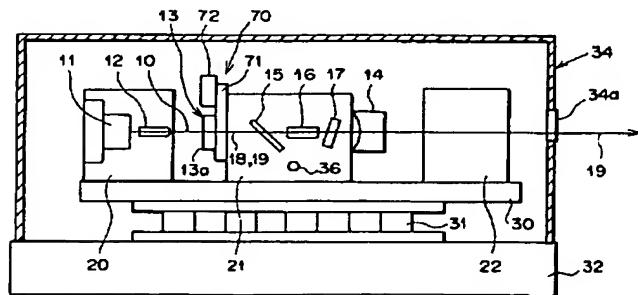
【図4】



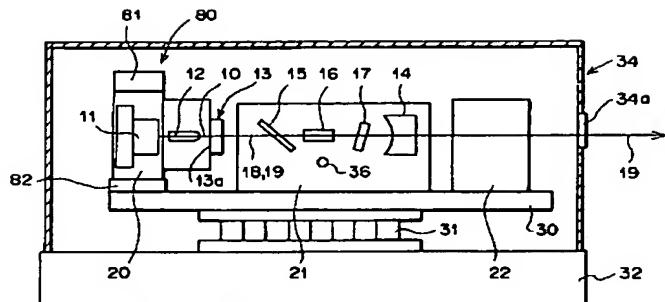
【図5】



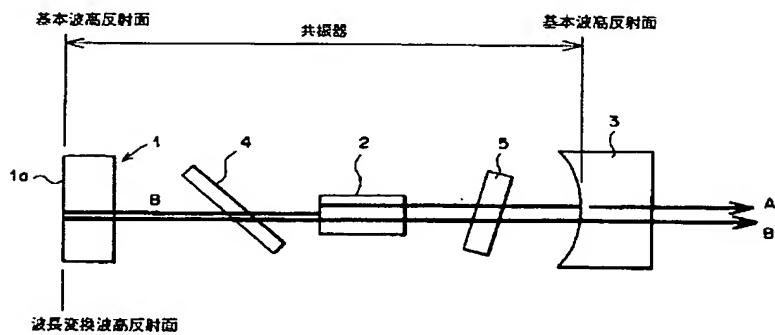
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H079 AA02 AA06 AA12 BA03 CA24
DA03 KA14 KA18 KA20
2K002 AB12 AB27 CA03 DA01 FA27
HA20
5F072 AB02 AB13 FF09 JJ04 JJ05
KK02 KK08 KK12 KK15 KK30
PP07 QQ02 SS01 TT12 TT29